

VŠB - Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra částí a mechanismů strojů

Skládací zdravotnická nosítka

Folding Stretcher

Student:

Jakub Stloukal

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tadeáš Szlachta, Ph.D.

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Zadání bakalářské práce

Student: **Jakub Stloukal**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: Skládací zdravotnická nosítka
Folding Stretcher

Zásady pro vypracování:

1. Navrhněte skládací zdravotnická nosítka pro tyto podmínky:
 - maximální hmotnost pacienta 200kg,
 - možnost bezpečné dopravy pacienta i po schodech.
2. Proveďte přehled možných řešení, výběr varianty, zdůvodnění a návrh.
3. Nakreslete sestavný výkres a vybraný výrobní výkres.
4. Minimální rozsah práce bez příloh je 35 stran.

Seznam doporučené odborné literatury:

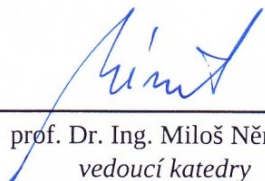
1. DEJL, Z. *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce.* Montanex a.s. Ostrava, 2000, ISBN 80-7225-018-3.
2. MORAVEC, V., HAVLÍK, J. *Výpočty a konstrukce strojních dílů.* Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005, ISBN 80-248-0878-1.
3. KALÁB, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací. 1. vyd.* Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2007. 91 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.
4. KŘÍŽ, R., VÁVRA, P. *Strojnická příručka.* Praha 1993-1998, 8 svazků, 1. vydání.
5. Normy, firemní katalogy a prospekty.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tadeáš Szlachta, Ph.D.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry

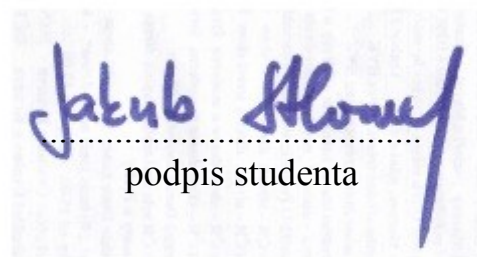



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě21. 5. 2012

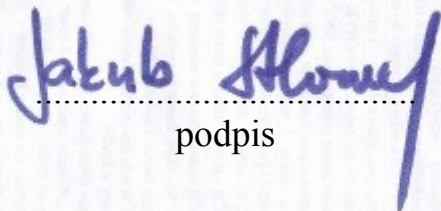


.....
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo –bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :..21. 5. 2012



podpis

Jakub Stloukal
U Školy 533, Hlubočky 3
786 65

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

STLOUKAL, J. *Skládací zdravotnická nosítka : bakalářská práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů, 2012, 44 s. Vedoucí práce: Ing. Tadeáš Szlachta, Ph.D.

V bakalářské práci je řešen návrh skládacích zdravotnických nosítek. V úvodní části jsou srovnány jednotlivé typy používaných nosítek a uvedeny jejich výhody a nevýhody, provedena volba řešení. V další části práce je proveden návrh nosítek. V první části návrhu je proveden statický výpočet metodou uvolňování těles, zjištění reakcí a výpočet vnitřních statických účinků jednotlivých členů konstrukce. V druhé části návrhu jsou kontrolovány části konstrukce, u kterých je předpoklad většího namáhání. Také je provedena kontrola manipulace s nosítky po schodech. Výkresová dokumentace obsahuje výkres sestavy a dílenské výkresy zvolených součástí a je přiložena k práci.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

STLOUKAL, J. *Folding Stretcher : Bachelor Thesis*. Ostrava : VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of parts of machines and mechanisms, 2012, 44 p. Thesis head: Ing. Tadeáš Szlachta, Ph.D.

This bachelor thesis solves proposal of folding stretcher. The first part compares the different types of stretchers and shows their pros and cons and solution was chosen. In the next part of thesis is made stretcher design. In the first part of proposal is static calculation. Method of release parts was used, reactions were detected and internal static effects of construction were calculated. In the second part of proposal are controlled parts of the structure, where are expected higher stress. Control of manipulation with stretcher on stairs was performed. Drawings contain drawing of set and workshop drawings of selected parts. Drawings are included.

Obsah

Seznam použitých označení	7
1. Úvod	9
1.1 Cíle bakalářské práce	9
2. Rešerše v oblasti skládacích zdravotnických nosítek	10
2.1 Typy zdravotnických nosítek	10
3. Statický výpočet konstrukce nosítek	17
3.1 Schéma geometrie nosítek	17
3.2 Určení polohy těžiště	19
3.3 Rozložení působící tíhy	22
3.4 Statický výpočet	24
• Člen 2 a 3	24
3.5 Vnitřní statické účinky	28
• Vnitřní statické účinky členu 2	28
4. Kontrola jednotlivých částí nosítek	32
4.1 Kontrola členu 2	32
4.2 Kontrola členu 3	34
4.3 Návrh a kontrola středového čepu C	36
5. Kontrola síly potřebné k udržení nosítek na schodech	38
6. Závěr	41
7. Seznam použité literatury a zdrojů	42
8. Seznam příloh	44

Seznam použitých označení

E	modul pružnosti materiálu	[MPa]
F_{kr}	kritická síla u výpočtu na vzpěr	[N]
F_B	brzdná síla od osoby manipulující s nosítky	[N]
G	tíha	[N]
J_{min}	minimální polární moment průřezu	[mm ⁴]
L_i	délky dílčích těžišť čar	[mm]
M_o	ohybové momenty	[Nmm]
M_{ored}	redukovaný ohybový moment	[Nmm]
N	normálové síly	[N]
R	reakce	[N]
Re	mez kluzu materiálu	[MPa]
S	obsah	[mm ²]
T	posouvající síly	[N]
T_r	třecí síla	[N]
W_o	modul průřezu v ohybu	[mm ³]
$d_{\check{c}}$	průměr čepu	[mm]
e, f	délky ramen na kterém působí tíha	[mm]
f	součinitel tření	[-]
g	tíhové zrychlení	[m/s]
i_{min}	poloměr setrvačnosti příčného průřezu	[mm ²]
k_s	statická bezpečnost	[-]
l	délka prutu	[mm]
l_{red}	redukovaná délka prutu	[mm]

m	hmotnost	[kg]
p	tlak	[MPa]
p_D	dovolený tlak	[MPa]
x_T	souřadnice těžiště v ose x	[mm]
x_{Ti}	souřadnice dílčích těžišť čar v ose x	[mm]
y_T	souřadnice těžiště v ose y	[mm]
y_{Ti}	souřadnice dílčích těžišť čar v ose y	[mm]
λ	štíhlost prutu	[-]
λ_m	mezí štíhlost prutu	[-]
σ_D	tlakové napětí	[MPa]
σ_{kr}	kritické napětí	[MPa]
σ_o	napětí v ohybu	[MPa]
σ_{red}	redukované napětí	[MPa]
σ_u	mez úměrnosti materiálu	[MPa]

1. Úvod

V bakalářské práci je řešen návrh skládacích zdravotnických nosítek. Z velkého množství typů nosítek a vzhledem k požadavkům ze zadání, byl zvolen typ nosítek se skládací nůžkovou konstrukcí. Práce je zaměřena na statický a pevnostní výpočet rámu nosítek a na pevnostní výpočet jeho namáhaných částí. Konstrukce rámu je nůžkového typu se středovým čepem z tenkostěnných trubek. Při statickém výpočtu bylo s výhodou využito osy symetrie nosítek a byla počítána pouze polovina konstrukce s poloviční zátěží.

1.1 Cíle bakalářské práce

Cílem této bakalářské práce je:

1. Provést přehled možných řešení, výběr varianty, zdůvodnění
2. Navrhnout skládací zdravotnická nosítka pro podmínky:
 - maximální nosnost pacienta 200 kg
 - možnost bezpečné dopravy pacienta i po schodech
3. Nakreslit sestavný výkres a vybraný výrobní výkres

2. Rešerše v oblasti skládacích zdravotnických nosítek

Zdravotnická nosítka jsou zařízení určená k ručnímu, pěšímu přenášení zraněných nebo jinak nemohoucích osob. Na trhu existuje mnoho konstrukčních řešení a typů nosítek. Konstrukce každých nosítek bývá uzpůsobena právě funkci, kterou mají daná nosítka plnit.

2.1 Typy zdravotnických nosítek

Skládací zdravotnická nosítka lze rozdělit podle několika hledisek. Například podle způsobu manipulace se zraněným, podle použití, podle nosnosti, podle použitých materiálů, ...

- **Ruční skládací zdravotnická nosítka**

Tento typ nosítek slouží k odsunu zraněných na krátkou vzdálenost a také jako dočasné lůžko pro ošetření pacienta. Bývají buď složitelná na polovinu nebo podélně. Lze je vidět například při fotbalových utkáních k odnesení zraněného hráče. Mívají lehkou hliníkovou konstrukci, potah je z polyesteru potažený měkkým PVC se sníženou hořlavostí.



Obrázek 1. Ruční nosítka složitelná na polovinu [9]

Tabulka 1. Výhody a nevýhody ručních nosítek

Výhody	Nevýhody
Jednoduchost konstrukce	Nutnost dvou osob, které nosítka nesou
Vodorovná poloha pacienta	Určená pouze na kratší vzdálenosti

- **Záchranářská nosítka**

Pojem "záchranářská" značí v tomto případě nosítka určená k zasunutí do záchranářského automobilu (sanitky). To znamená, že nosítka musí mít konstrukci potřebnou k bezpečnému dopravení pacienta k sanitce a následnému zasunutí do sanitky. Taková nosítka mají sklápěcí podvozek, který značně zjednodušuje manipulaci při nakládání pacienta do vozu.



Obrázek 2. Záchranářská nosítka se sklápěcím podvozkem firmy Quirumed [10]

Záchranářská nosítka řeší manipulaci se zraněným a naložení do sanitky bez nutnosti sesednutí pacienta z nosítek. Avšak pokud je potřeba zraněného dopravit z budovy, kde překážku tvoří schody, navíc pokud je pacient v patře a není v budově použit dostatečně prostorný výtah, jsou taková nosítka neúčelná.

Tabulka 2. Výhody a nevýhody záchranářských nosítek

Výhody	Nevýhody
Vodorovná poloha pacienta	Nemožnost pohybu po schodech
Dají se zasunout do sanitky	

- **Nosítka přenastavitelná na kolečkové křeslo**

Tato speciální nosítka dokážou pacienta přepravit jak vleže tak vsedě. Poloha, kdy pacient sedí, se pak využívá při pohybu po schodech a ve výtazích. Přitom pacient nemusí nosítka opustit při přenastavování. Pohyb po schodech však není plynulý. Nosítka jsou vyrobená z kvalitní hliníkové slitiny. Jsou lehká, snadno ovladatelná. Podvozek se dá sklopit a nosítka zasunout do sanitky.



Obrázek 3. Přenastavitelná nosítka [11]

Tabulka 3. Výhody a nevýhody přenastavitelných nosítek

Výhody	Nevýhody
Dají se zasunout do sanitky	Horší manipulace při pohybu po schodech
Přenastavitelnost	Složitost konstrukce

Pro dopravu pacienta ze schodů (popř. do schodů) slouží zdravotnická nosítka se speciální konstrukcí. Na trhu existuje více konstrukčních řešení nosítek umožňujících pohyb s pacientem po schodech.

- **Skládací nosítka - vozík**

Jedná se o nosítka typu kolečkového křesla. Pacient v sedící poloze je kvůli bezpečnosti připásan. Při pohybu po vodorovné ploše, se nosítka s pacientem nakloní a tlačí se požadovaným směrem. Při pohybu ze schodů se kolečka vozíku opřou o svislou stěnu schodu a pohybují se směrem dolů. Stejným principem se pacient může pohybovat i směrem nahoru po schodech. Nosítka je také možné složit do vodorovné polohy a použít jako dočasné lůžko, nebo složit na polovinu kvůli úspoře prostoru. Konstrukce nosítek je vyrobena z kvalitní hliníkové slitiny. Potah je lehce omyvatelný.



Obrázek 4. Vozíkový typ nosítek firmy MY LIFE [12]

Tabulka 4. Výhody a nevýhody vozíkových nosítek

Výhody	Nevýhody
Jednoduchá, lehká konstrukce	Nerovnoměrnost pohybu po schodech
Možnost přenastavení na dočasné lůžko	Náročnost pohybu nahoru po schodech

- **Kolečková židle s pásy**

Tento typ nosítek je používán v budovách, které mají více pater a pacient musí být přepraven po schodišti. Na zadní, vrchní a přední, spodní části nosítek jsou složitelné



rukojeti pro bezpečné držení nosítek při pohybu po schodech. Nosítka jsou naklopena na zadní stranu a v kontaktu se schody jsou speciální ližiny s pásy, které zajišťují více bodový

kontakt se schody a tím zaručují stabilitu nosítek. Nosítka jsou také složitelná pro ušetření

prostoru v době odstavení. Rám je vyroben z vysokopevnostní slitiny hliníku. Jsou lehká, bezpečná, lehce omyvatelná a mají jednoduchou konstrukci.

RHY-CL3
Stair stretcher 楼梯担架



Obrázek 5. Kolečková židle s pásy firmy RenHe Medical Devices [13]

Tabulka 5. Výhody a nevýhody kolečkové židle s pásy

Výhody	Nevýhody
Výsuvné rukojeti	Náročnost pohybu po schodech směrem nahoru - nutnost druhé osoby
Stabilita při pohybu po schodech	

- **Kolečková židle s překlápěcími kolečky**

Jedná se o speciální druh nosítek, který je rovněž uzpůsoben pro transport pacienta po schodech. Tato nosítka dokážou zdolat schody díky dvěma trojicím překlápěcích koleček. Při transportu po vodorovném povrchu jsou v záběru pouze dvě kolečka, kdy třetí

je v poloze nad zbylými dvěma kolečky. Při nájezdu na schodiště se kolečka překlápí a zapřou se o svislou stěnu schodu. Takto se trojice koleček překlápí přes jednotlivé schody. V přední dolní části jsou umístěny rukojeti pro další osobu a tím snadnější manipulaci s nosítky. Nosítka jsou lehce složitelná, lehká a dobře ovladatelná jak pro pohyb ze schodů, tak i do schodů.



Obrázek 6. Nosítka s překlápěcími kolečky firmy JSEMS Company [14]

Tabulka 6. Výhody a nevýhody nosítek s překlápěcími kolečky

Výhody	Nevýhody
Jednoduchost konstrukce překlápěcích kol	Nerovnoměrnost pohybu po schodech
Nízká hmotnost	Nízká nosnost

- **Kolečková židle s pásy s nůžkovou konstrukcí**

Další způsob konstrukce nosítek typu kolečkového křesla, která umožňují pohyb s pacientem po schodech. Nosítka jsou také lehce složitelná pro úsporu místa v době nečinnosti. Pohyb po vodorovné ploše je zajištěn pomocí čtyř koleček - dvě přední větší kolečka a dvě zadní menší. Tato menší kolečka se při pohybu po schodech sklopí a v kontaktu s hranami schodů zůstanou speciální ližiny s pásy, které zajišťují vícebodový styk se schody a tím stabilitu nosítek. Tato nosítka mají konstrukci ze slitiny hliníku, jsou lehká, lehce ovladatelná, bezpečná a lehce omyvatelná.



Obrázek 7. Kolečková židle s pásy s nůžkovou konstrukcí firmy Jiangsu Defeng Medical Equipment [15]

Tabulka 7. Výhody a nevýhody kolečkové židle s pásy a sklápěcími kolečky

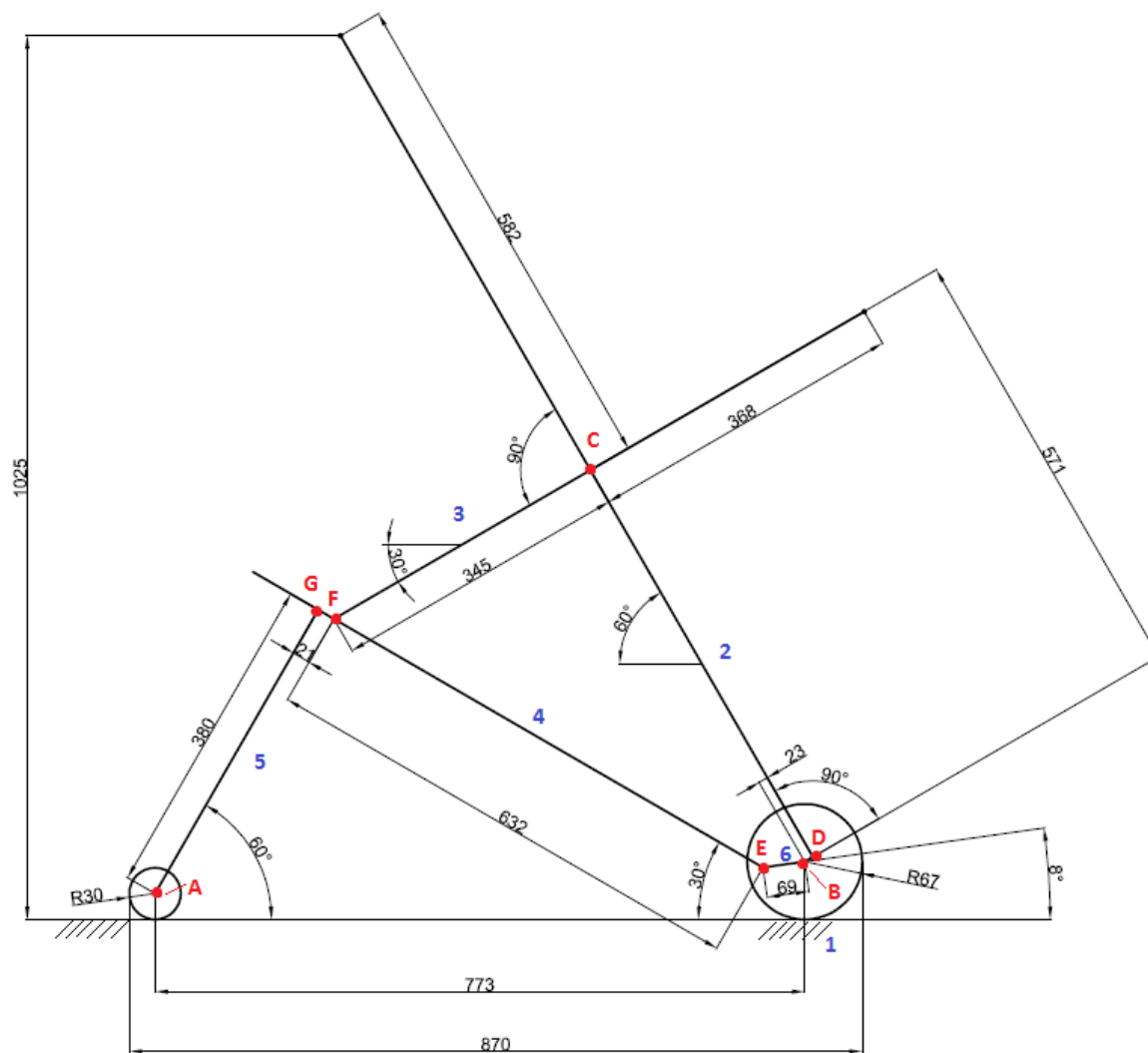
Výhody	Nevýhody
Jednoduchost konstrukce	Náročnost pohybu po schodech směrem nahoru - nutnost druhé osoby
Stabilita při pohybu po schodech	Ruční ovládání sklápěcích koleček

3. Statický výpočet konstrukce nosítek

Při výběru varianty jsem se inspiroval typem nosítek s nůžkovou konstrukcí a sklápěcími kolečky firmy Jiangsu Defeng Medical Equipment (obr. 7). Tato nosítka mají jednoduchou konstrukci, jsou lehce složitelná a velmi lehká. Dobré je i řešení sklápěcích koleček při manipulaci s nosítky při pohybu po schodech. Ke sklopení zadního rámu s kolečky slouží plynová vzpěra GETO LIFT firmy Trans-technik spol. s.r.o. [17]. Tato nosítka budou k dispozici jako evakuační nosítka v budovách se schodištěm. Budou používána při mimořádných událostech k evakuaci poraněných či nemohoucích osob ze schodů v budově.

3.1 Schéma geometrie nosítek

Na následujícím obrázku je zobrazeno schéma nosítek, ve stavu, kdy jsou nosítka používána na rovném povrchu. Jsou vyznačeny jednotlivé vazby (A-G) a části rámu nosítek (1-6).



Obrázek 8. Schéma geometrie nosítek

Klasifikace členů:

- 1 - rám
- 2 - rameno 2
- 3 - rameno 3
- 4 - nosný profil pro pás
- 5 - sklápěcí rameno
- 6 - spojovací člen

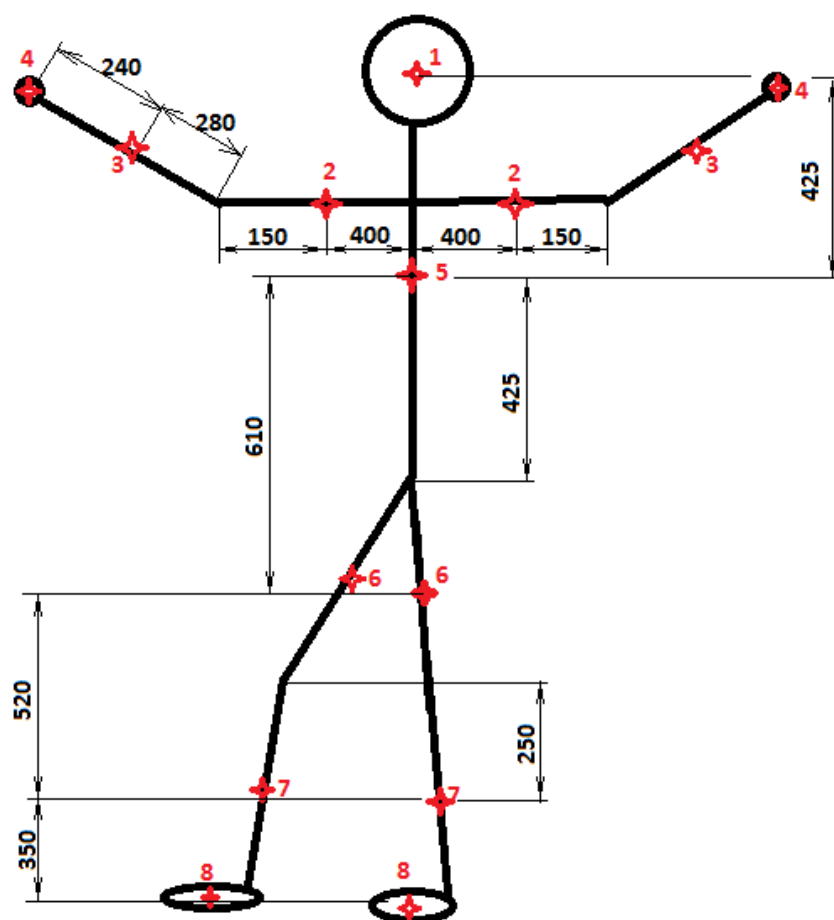
Klasifikace vazeb:

A, B, C, D, F, G - kloubové vazby

E - vetknutí

3.2 Určení polohy těžiště

Určení polohy těžiště je důležité jak z hlediska správného rozložení sil, při následném statickém rozboru, tak kvůli správnému vyvážení nosítek. K určení těžiště osoby sedící na nosítkách je důležité znát potřebné rozměry jednotlivých úseků lidského těla. Jelikož maximální nosnost nosítek má být ze zadání 200 kg, tak lze počítat, že takto těžký člověk bude i vysokého vzrůstu. Pro výpočet byly tedy rozměry úseků odměřeny na mém těle - měřím 192 cm. Následně pak byly údaje zakresleny do polohy osoby sedící na nosítkách a byl zaveden souřadný systém. Poté bylo těžiště určeno metodou zjištění polohy těžiště čar.



Obrázek 9. Délkové rozměry částí těla pro výpočet těžiště

Klasifikace částí těla:

1 - hlava

2 - střed délky nadloktí

3 - střed délky předloktí

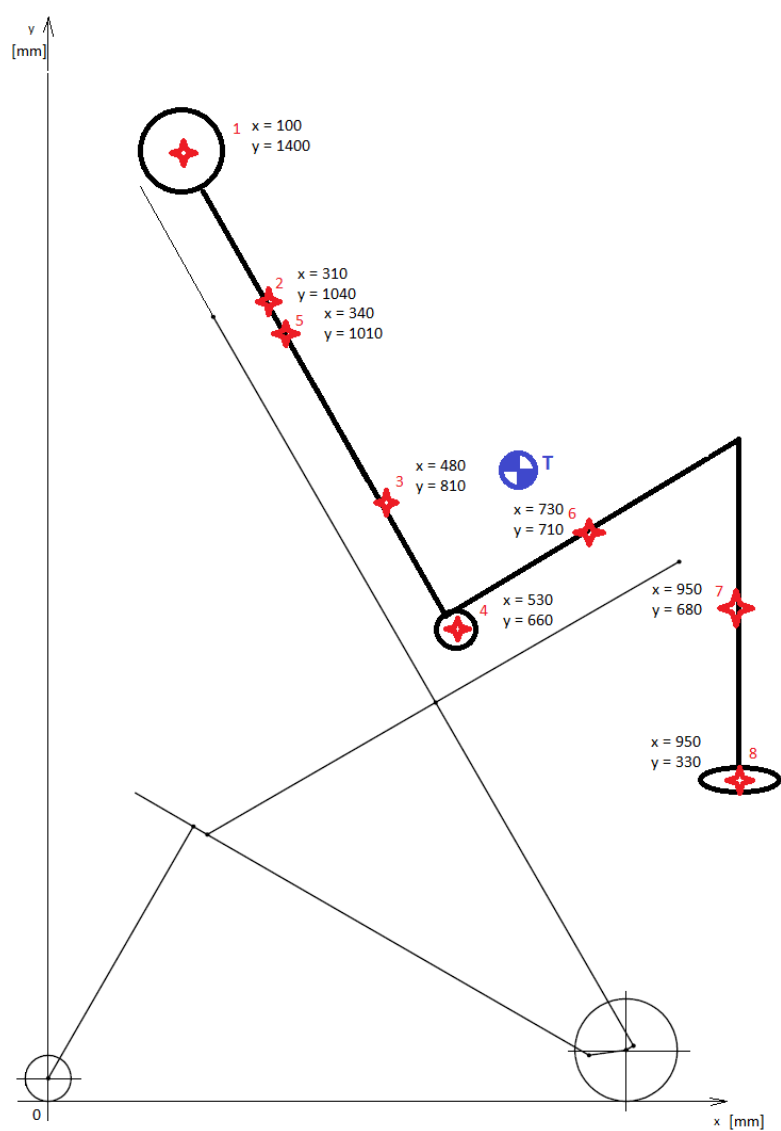
4 - dlaň

5 - střed délky trupu

6 - střed délky stehna

7 - střed délky holeně

8 - chodidlo



Obrázek 10. Znáznornění polohy sedící osoby

Tabulka 8. Délky a souřadnice dílčích těžišť čar

i	L_i [mm]	y_{Ti} [mm]	x_{Ti} [mm]
1	850	220	980
2	480	730	710
3	600	950	610

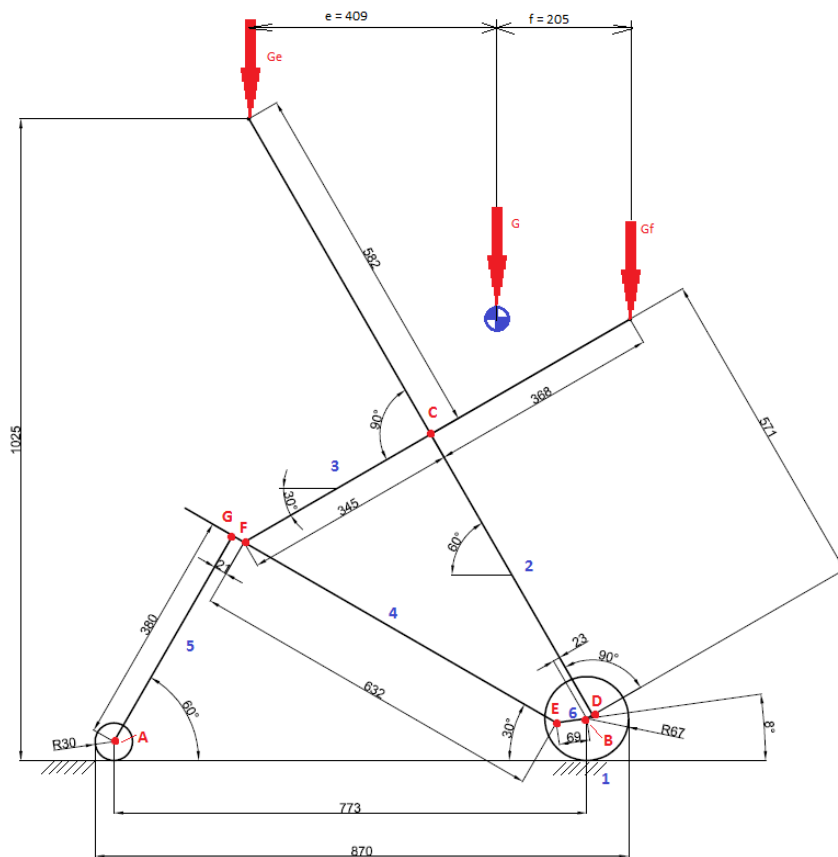
$$x_T = \frac{\sum L_i \cdot x_{Ti}}{\sum L_i} = \frac{(850 \cdot 220) + (480 \cdot 730) + (600 \cdot 950)}{(850 + 480 + 600)} = 574 \text{ mm} \quad (3.1)$$

$$y_T = \frac{\sum Li \cdot y_{Ti}}{\sum Li} = \frac{(850 \cdot 980) + (480 \cdot 710) + (600 \cdot 610)}{(850 + 480 + 600)} = 798 \text{ mm} \quad (3.2)$$

Souřadnice těžiště v zavedeném souřadném systému: $x = 574 \text{ mm}$ a $y = 798 \text{ mm}$.

3.3 Rozložení působící tíhy

Tíha sedící osoby působí na sedák, který tvoří látka zavěšená na dvou ramenech. Působení látky na tyto ramena způsobí spojitě zatížení ramen. V reakcích těchto ramen na každé straně bude působit stejná (poloviční) síla.



Obrázek 11. Znázornění působící tíhy

Působící tíha:

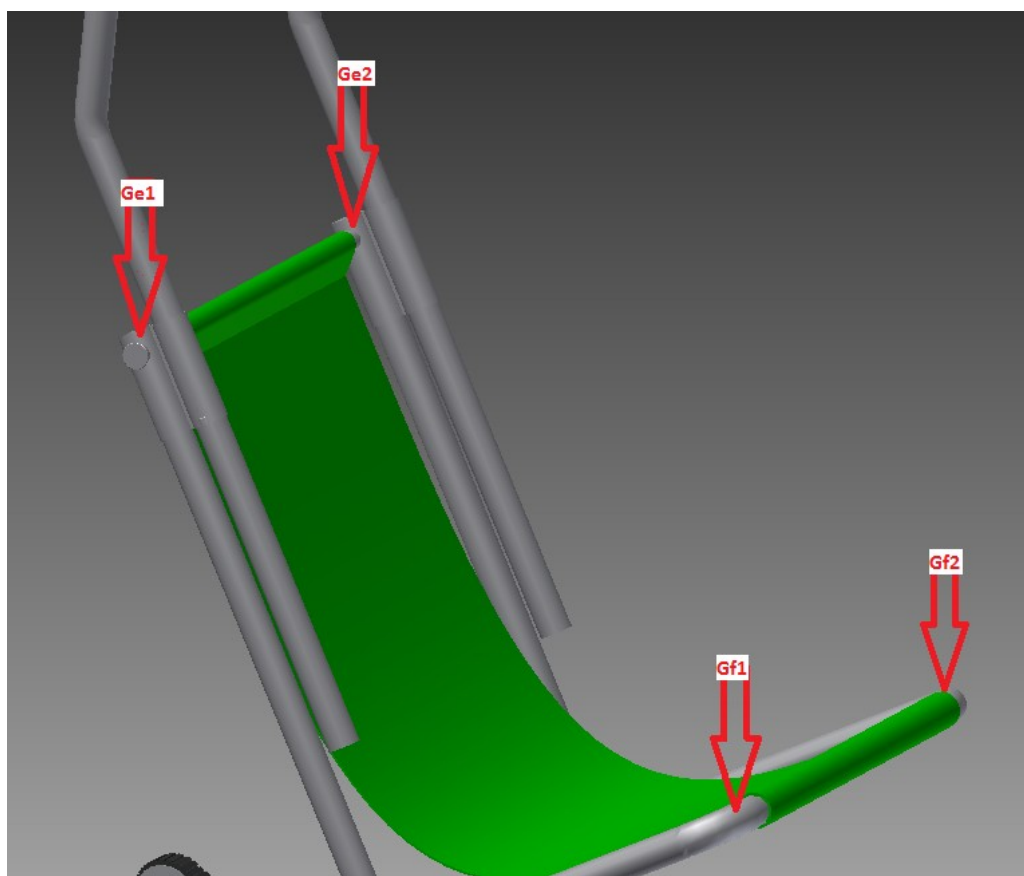
$$G = m \cdot g = 200 \cdot 9,81 = 1962 \text{ N} \quad (3.3)$$

Rozložení tíhy do ramen:

$$Ge = G \cdot \frac{f}{e + f} = 1962 \cdot \frac{205}{409 + 205} = 655,065 \text{ N} \quad (3.4)$$

$$Gf = G \cdot \frac{e}{e + f} = 1962 \cdot \frac{409}{409 + 205} = 1306,935 \text{ N} \quad (3.5)$$

Při výpočtu působení sil na rám nosítek bude využito osy symetrie, bude tedy počítána pouze je strana nosítek.



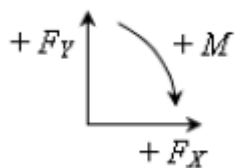
Obrázek 12. Rozložení působící tíhy do ramen

$$Ge_1 = \frac{Ge}{2} = \frac{655,065}{2} = 327,532 \text{ N} \quad (3.6)$$

$$Gf_1 = \frac{Gf}{2} = \frac{1306,935}{2} = 653,468 \text{ N} \quad (3.7)$$

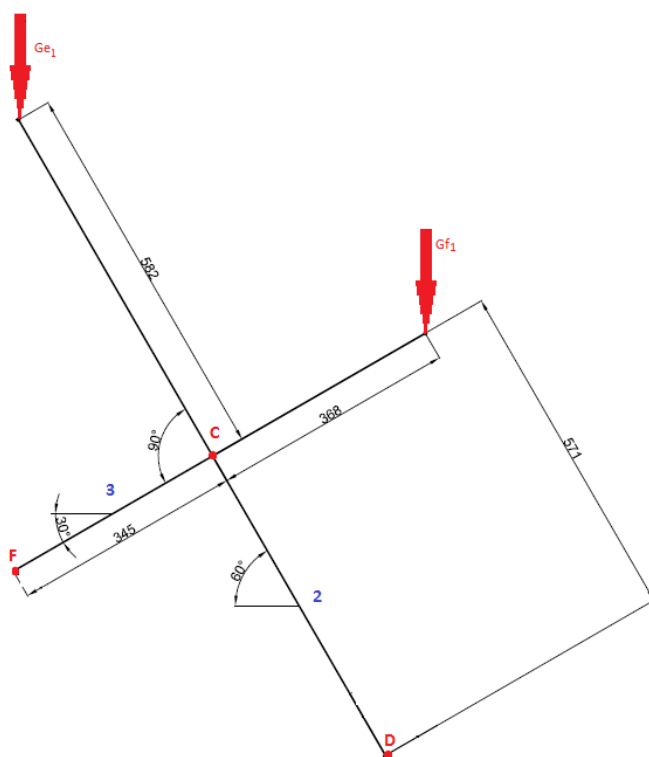
3.4 Statický výpočet

Statickým výpočtem se určí hodnoty reakcí ve všech vazbách soustavy. Při tomto řešení reakcí je využita metoda uvolňování jednotlivých těles soustavy. Princip je vyjmutí jednotlivých těles soustavy a zavedení reakcí místo vazeb. Po té se sestaví rovnice rovnováhy a neznámé reakce vypočtou. Pro řešení je zaveden souřadný systém působení sil a momentů dle obrázku.



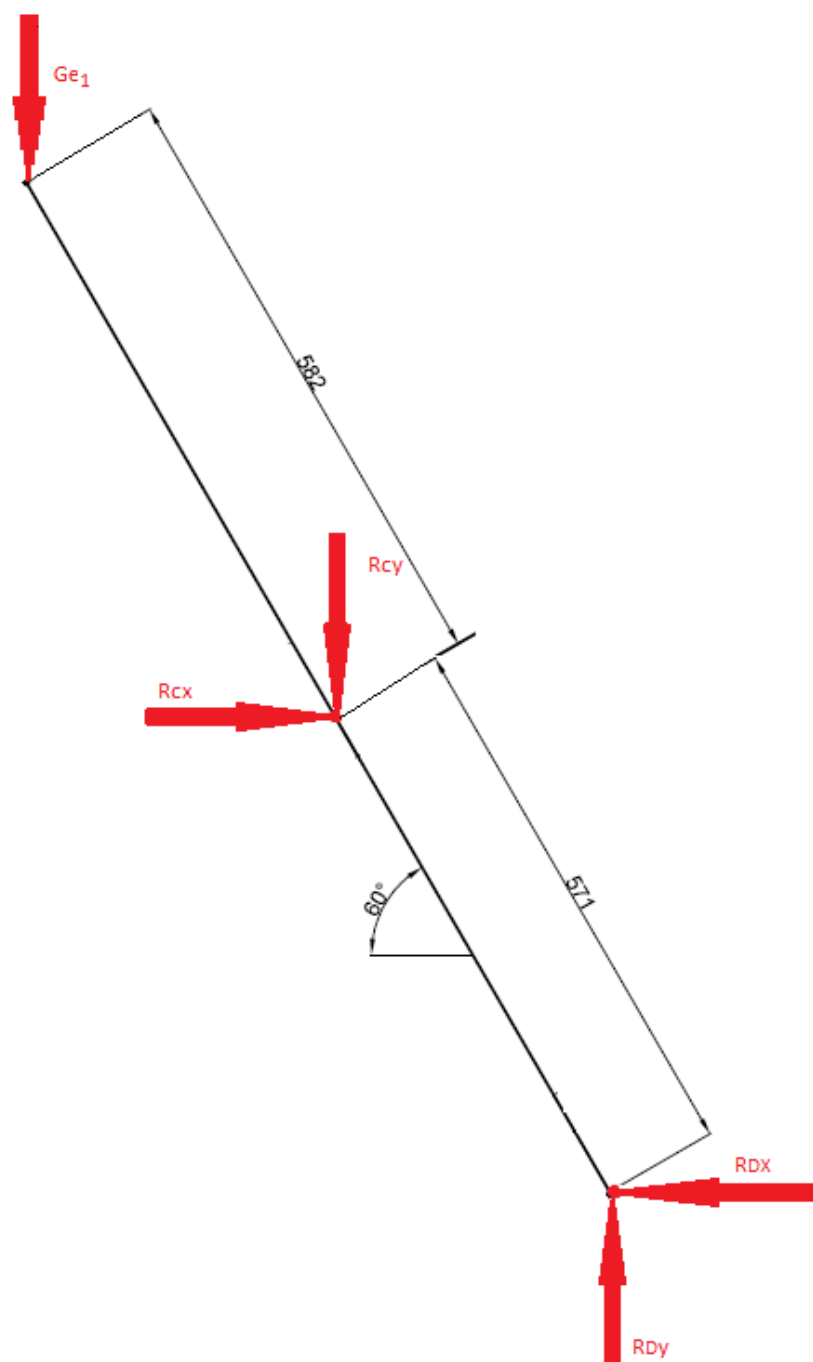
Obrázek 13. Zavedení souřadného systému

- Člen 2 a 3



Obrázek 14. Působení sil na členu 2 a 3

Člen 2



Obrázek 15. Rozložení sil na člen 2

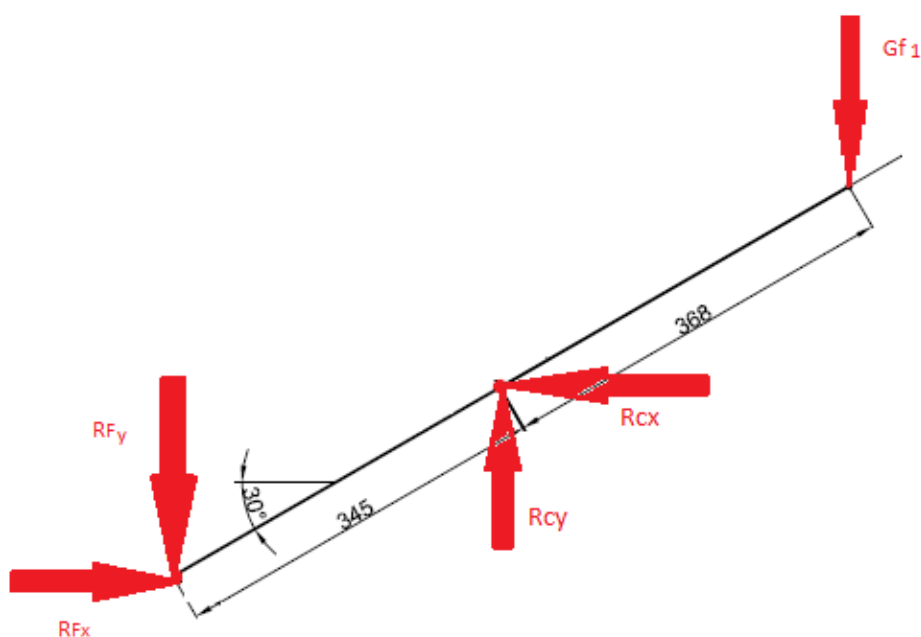
Rovnice rovnováhy členu 2:

$$\sum F_x = 0; \quad R_{Cx} - R_{Dx} = 0 \quad (3.8)$$

$$\sum F_y = 0; \quad R_{Dy} - R_{Cy} - Ge_1 = 0 \quad (3.9)$$

$$\sum M_c = 0; \quad -\cos 60^\circ \cdot 582 \cdot Ge_1 - \cos 60^\circ \cdot 571 \cdot R_{Dy} + \sin 60^\circ \cdot 571 \cdot R_{Dx} = 0 \quad (3.10)$$

Člen 3



Obrázek 16. Rozložení sil na člen 3

Rovnice rovnováhy členu 3:

$$\sum F_x = 0; \quad R_{Fx} - R_{Cx} = 0 \quad (3.11)$$

$$\sum F_y = 0; \quad R_{Cy} - R_{Fy} - Gf_1 = 0 \quad (3.12)$$

$$\sum M_c = 0; \quad \cos 30^\circ \cdot 368 \cdot Gf_1 - \cos 30^\circ \cdot 365 \cdot R_{Fy} - \sin 30^\circ \cdot 345 \cdot R_{Fx} = 0 \quad (3.13)$$

Neznámé vyjádřeny pomocí programu MATLAB:

Matice A:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 495 & -285 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -173 & -298 \end{bmatrix}$$

Vektor b:

$$\begin{bmatrix} 0 \\ 327,532 \\ 95312 \\ 0 \\ 653,468 \\ -208456 \end{bmatrix}$$

Pomocí MATLAB funkce A\b:

$$R_{Cx} = 869,5 \text{ N} \quad (3.14)$$

$$R_{Cy} = 848,2 \text{ N} \quad (3.15)$$

$$R_{Dx} = 869,5 \text{ N} \quad (3.16)$$

$$R_{Dy} = 1175,7 \text{ N} \quad (3.17)$$

$$R_{Fx} = 869,5 \text{ N} \quad (3.18)$$

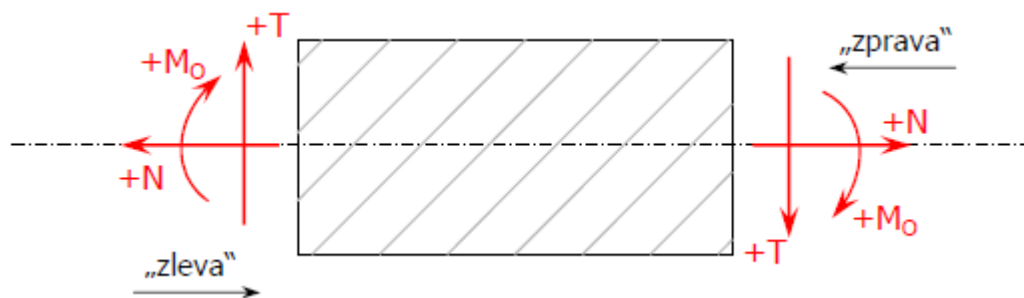
$$R_{Fy} = 194,7 \text{ N} \quad (3.19)$$

Statický výpočet členů 4, 5, 6 je uveden v příloze A.

3.5 Vnitřní statické účinky

Cílem výpočtu vnitřních statických účinků je nalézt místo s největšími namáháními. V těchto místech se pak dále budou provádět pevnostní kontroly. Stávající souřadný systém bude pootočen o úhel, který mají jednotlivé členy vůči podložce (30° a 60°).

Znaménková dohoda



Obrázek 17. Znaménková dohoda

- Vnitřní statické účinky členu 2

Skutečná orientace a rozložení sil

$$Ge_{1x} = \sin 60^\circ. Ge_1 = \sin 60^\circ. 327,532 = 283,6 \text{ N} \quad (3.20)$$

$$Ge_{1y} = \cos 60^\circ. Ge_1 = \cos 60^\circ. 327,532 = 163,8 \text{ N} \quad (3.21)$$

$$Rc_{xx} = \cos 60^\circ. Rc_x = \cos 60^\circ. 869,5 = 434,8 \text{ N} \quad (3.22)$$

$$Rc_{xy} = \sin 60^\circ. Rc_x = \sin 60^\circ. 869,5 = 753 \text{ N} \quad (3.23)$$

$$Rc_{yx} = \sin 60^\circ. Rc_y = \sin 60^\circ. 848,2 = 734,6 \text{ N} \quad (3.24)$$

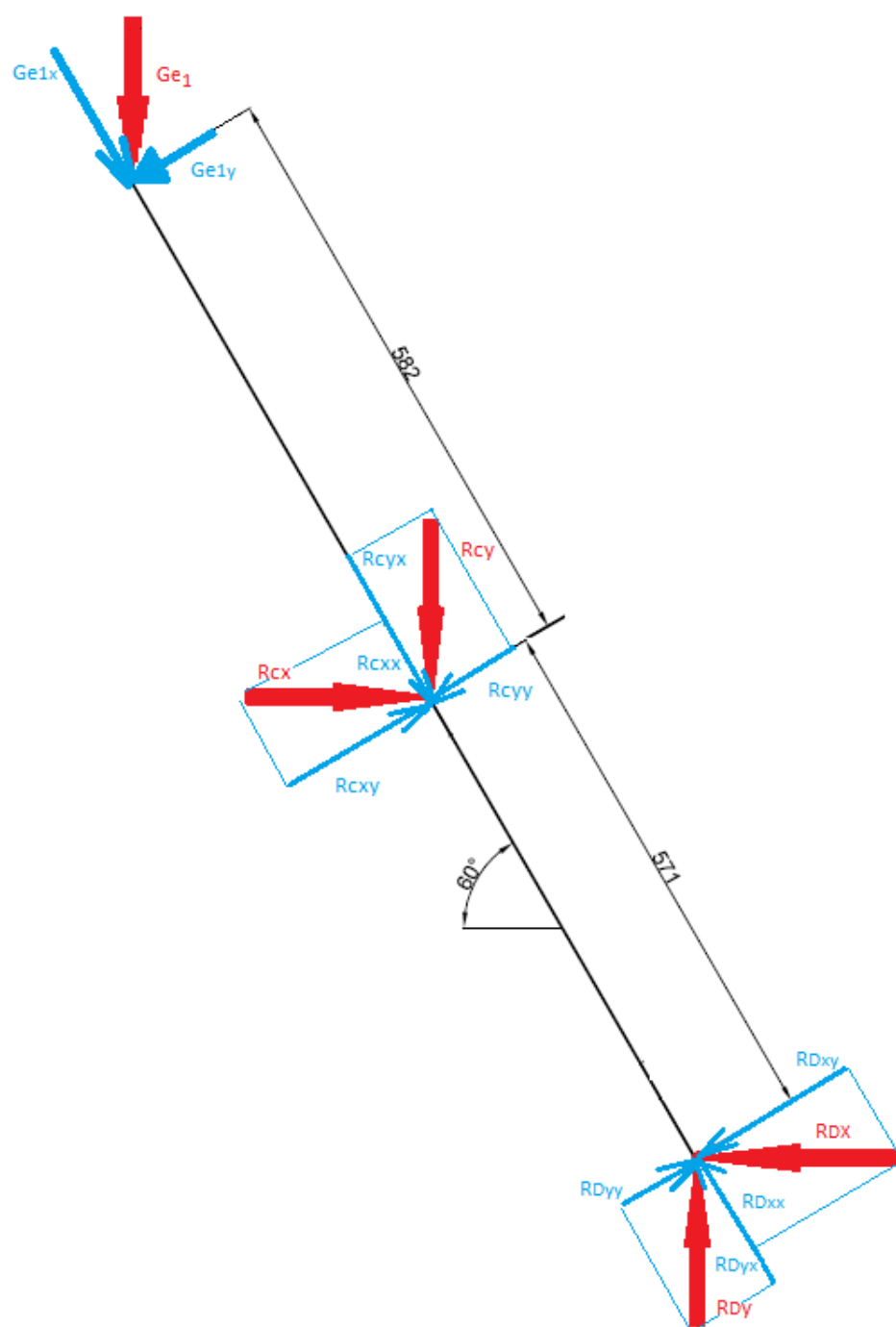
$$Rc_{yy} = \cos 60^\circ. Rc_y = \cos 60^\circ. 848,2 = 424,1 \text{ N} \quad (3.25)$$

$$R_{Dxx} = \cos 60^\circ. R_{Dx} = \cos 60^\circ. 869,5 = 434,8 \text{ N} \quad (3.26)$$

$$R_{Dxy} = \sin 60^\circ. R_{Dx} = \sin 60^\circ. 869,5 = 753 \text{ N} \quad (3.27)$$

$$R_{Dyx} = \sin 60^\circ. R_{Dy} = \sin 60^\circ. 1775,7 = 1018,2 \text{ N} \quad (3.28)$$

$$R_{Dyy} = \cos 60^\circ. R_{Dy} = \cos 60^\circ. 1775,7 = 587,9 \text{ N} \quad (3.29)$$



Obrázek 18. Skutečná orientace a rozložení sil na členu 2

Normálové síly - člen 2

$$N_{21}^L = -G_{e1x} = -283,6 \text{ N} \quad (3.30)$$

$$N_{22}^L = N_{21}^L - R_{Cyx} - R_{Cxx} = -283,6 - 734,6 - 434,8 = -1453 \text{ N} \quad (3.31)$$

$$N_{23}^P = -R_{Dyx} - R_{Dxx} = -1018,2 - 434,8 = -1453 \text{ N} \quad (3.32)$$

Posouvající síly - člen 2

$$T_{21}^L = -G_{e1y} = -163,8 \text{ N} \quad (3.33)$$

$$T_{22}^L = T_{21}^L - R_{Cyy} + R_{Cxy} = -163,8 - 424,1 + 753 = 165,1 \text{ N} \quad (3.34)$$

$$T_{23}^P = R_{Dxy} - R_{Dyy} = 753 - 587,9 = 165,1 \text{ N} \quad (3.35)$$

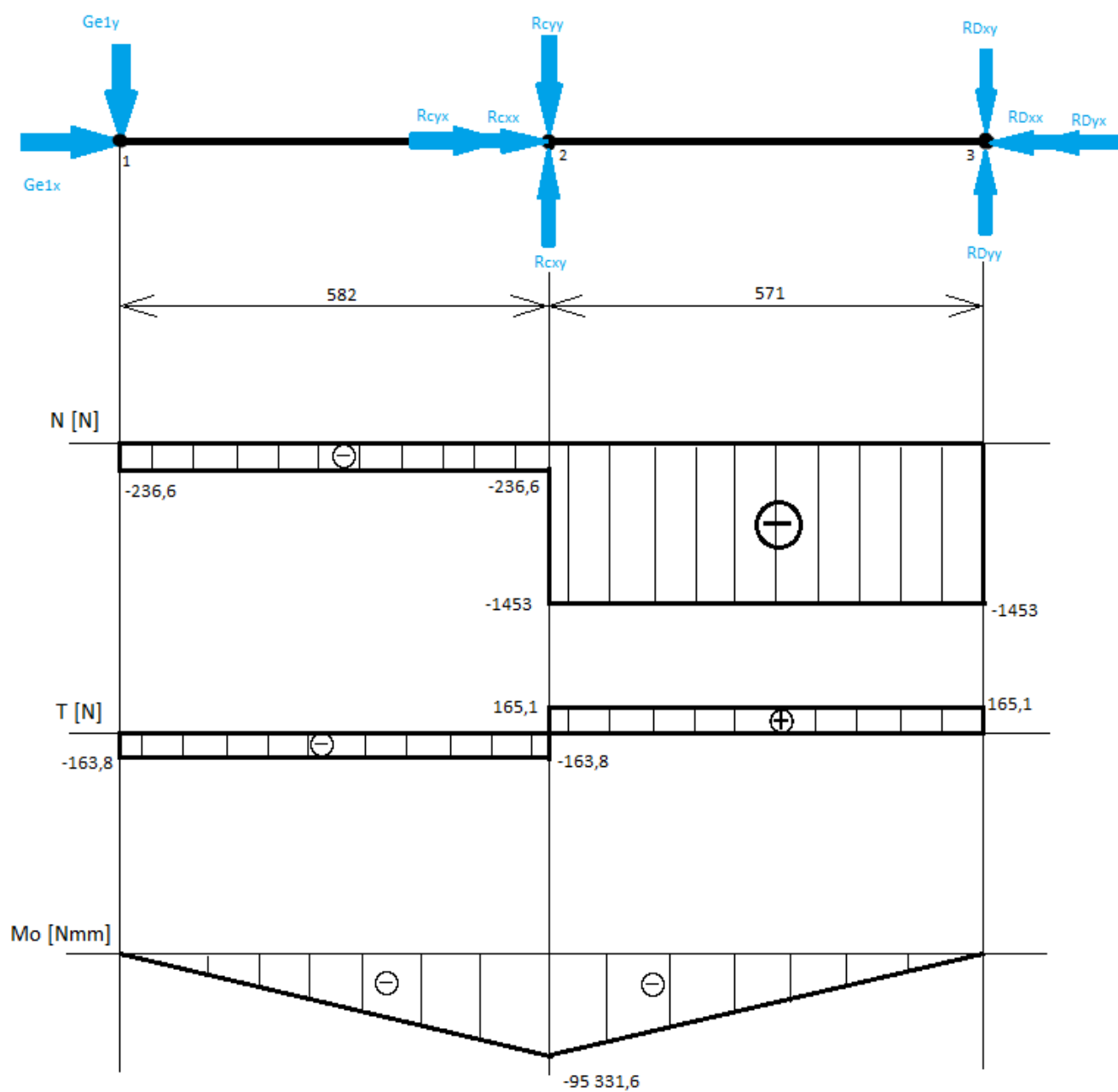
Ohybové momenty - člen 2

$$Mo_{21}^L = 0 \text{ Nmm} \quad (3.36)$$

$$\begin{aligned} Mo_{21}^P &= (R_{Cxy} - R_{Cyy}) \cdot 582 + (R_{Dyy} - R_{Dxy}) \cdot 1153 = \\ &= (753 - 424,1) \cdot 582 + (587,9 - 753) \cdot 1153 = 0 \text{ Nmm} \end{aligned} \quad (3.38)$$

$$Mo_{22}^L = -G_{e1y} \cdot 582 = -163,8 \cdot 582 = -95\,331,6 \text{ Nmm} \quad (3.39)$$

$$Mo_{22}^P = (R_{Dyy} - R_{Dxy}) \cdot 571 = (587,9 - 753) \cdot 571 = -95\,331,6 \text{ Nmm} \quad (3.40)$$



Obrázek 19. Průběhy normálových, posouvajících sil a ohyb. momentů na členu 2

Výpočet vnitřních statických účinků členů 3, 4 je uveden v příloze A.

4. Kontrola jednotlivých částí nosítek

V této kapitole budou postupně kontrolovány ty části konstrukce, ve kterých jsou předpokládány kritické hodnoty různých zatížení na kritických místech.

4.1 Kontrola členu 2

Rameno 2 bude namáháno posouvajícími a normálovými silami. Posouvající síly mají za následek ohybové momenty a normálové síly vyvolají tlak v rameni. Rameno bude kontrolováno v místě největšího zatížení od ohybového momentu a také bude podrobeno kontrole na vzpěr.

Jako polotovár ramena bude použita kruhová trubka ze slitiny hliníku tažená za studena TR Ø 30 x 2,5 ČSN 42 7710.02 dle [1], materiál profilu je vytvrzená slitina hliníku 42 4203.31 (H18), s mezí kluzu $Re = 315$ MPa, modulem pružnosti $E = 73\,000$ MPa, vlastnosti materiálu dle [16].

Kontrola na vzpěr

redukováná délka prutu:

$$l_{red} = l = 571 \text{ mm} \quad (4.1)$$

poloměr setrvačnosti příčného průřezu:

$$i_{min} = \sqrt{\frac{J_{min}}{S}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4)}{\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2)}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi}{64} \cdot (30^4 - 25^4)}{\frac{\pi}{4} \cdot (30^2 - 25^2)}} = 9,76 \text{ mm}^2 \quad (4.2)$$

štíhlost prutu:

$$\lambda = \frac{l_{red}}{i_{min}} = \frac{571}{9,76} = 58,5 \quad (4.3)$$

mezní štíhlost:

$$\lambda_m = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_u}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,8 \cdot Re}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{73000}{0,8 \cdot 315}} = 57,75 \quad (4.4)$$

podmínka pružného vzpěru:

$$\lambda m < \lambda \quad 57,75 < 58,5 \quad \text{vyhovuje} \quad (4.5)$$

kritická síla:

$$F_{kr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot J_{min}}{l_{red}^2} = \frac{\pi^2 \cdot 73000 \cdot 20586}{571^2} = 45\,491 \, N \quad (4.6)$$

kritické napětí:

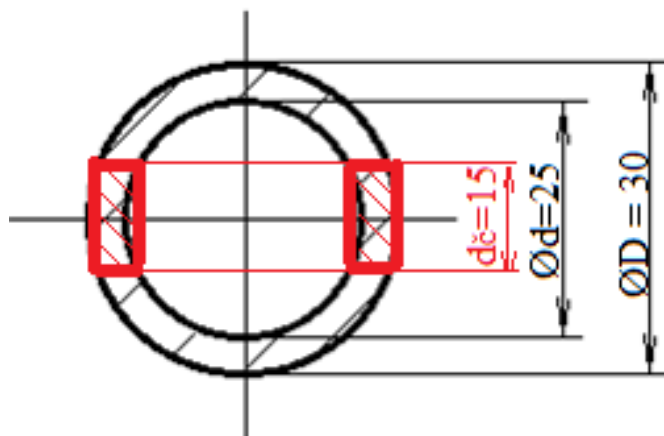
$$\sigma_{kr} = \frac{F_{kr}}{S} < \sigma_{\dot{u}} \quad \sigma_{kr} = \frac{45491}{216} = 210,6 < 252 \quad \text{vyhovuje} \quad (4.7)$$

statická bezpečnost:

$$k_s = \frac{F_{kr}}{N_{2max}} = \frac{45491}{1453} = 31,3 \quad (4.8)$$

Kontrola na ohyb a tlak - kombinované namáhání

Rameno 2 bude kontrolováno v místě s největším ohybovým momentem $M_{o2max} = 95\,331,6 \, \text{Nmm}$. Toto místo je zeslabeno otvorem pro čep ($\varnothing 15 \, \text{mm}$).



Obrázek 20. Kontrolovaný průřez

napětí v ohybu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{M_{o2max}}{\frac{\left[\frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4) \right] - \left[\frac{1}{12} \cdot (D - d) \cdot d_c^3 \right]}{\frac{D}{2}}} = \frac{95331,6}{\frac{\left[\frac{\pi}{64} \cdot (30^4 - 25^4) \right] - \left[\frac{1}{12} \cdot (30 - 25) \cdot 15^3 \right]}{\frac{30}{2}}} = 74,6 \text{ MPa} \quad (4.9)$$

tlakové napětí:

$$\sigma_D = \frac{F}{S} = \frac{N_{2max}}{\left[\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \right] - [(D - d) \cdot d_c]} = \frac{1453}{\left[\frac{\pi}{4} \cdot (30^2 - 25^2) \right] - [(30 - 25) \cdot 15]} = 10,3 \text{ MPa} \quad (4.10)$$

pak redukované napětí:

$$\sigma_{red} = \sigma_o + \sigma_D = 74,6 + 10,3 = 84,9 \text{ MPa} \quad (4.11)$$

statická bezpečnost:

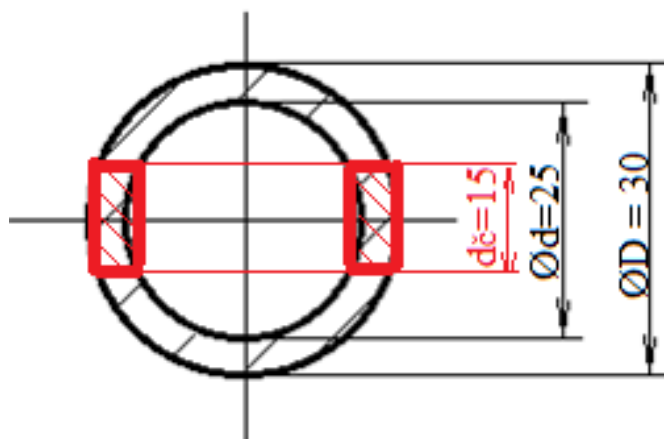
$$k_s = \frac{Re}{\sigma_{red}} = \frac{315}{84,9} = 3,7$$

4.2 Kontrola členu 3

Rameno 3 je vyrobeno ze stejného polotovaru jako rameno 2. Nebude kontrolováno na vzpěr, jelikož zde vznikají malé normálové síly. Bude zde však větší napětí v ohybu, protože v průřezu vznikají větší posouvající síly, které způsobují větší ohybový moment.

Kontrola na ohyb a tlak - kombinované namáhání

Rameno 3 bude kontrolováno v místě s největším ohybovým momentem $M_{o3max} = 208\,251 \text{ Nmm}$. Toto místo je rovněž zeslabeno otvorem pro čep ($\varnothing 15 \text{ mm}$).



Obrázek 21. Kontrolovaný průřez

napětí v ohybu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{M_{o3max}}{\frac{\left[\frac{\pi}{64} \cdot (D^4 - d^4) \right] - \left[\frac{1}{12} \cdot (D - d) \cdot d_c^3 \right]}{\frac{D}{2}}} = \frac{208\,251}{\frac{\left[\frac{\pi}{64} \cdot (30^4 - 25^4) \right] - \left[\frac{1}{12} \cdot (30 - 25) \cdot 15^3 \right]}{\frac{30}{2}}} = 162,9 \text{ MPa} \quad (4.9)$$

tlakové napětí:

$$\sigma_D = \frac{F}{S} = \frac{N_{3max}}{\left[\frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \right] - [(D - d) \cdot d_c]} = \frac{655,6}{\left[\frac{\pi}{4} \cdot (30^2 - 25^2) \right] - [(30 - 25) \cdot 15]} = 4,65 \text{ MPa} \quad (4.10)$$

pak redukované napětí:

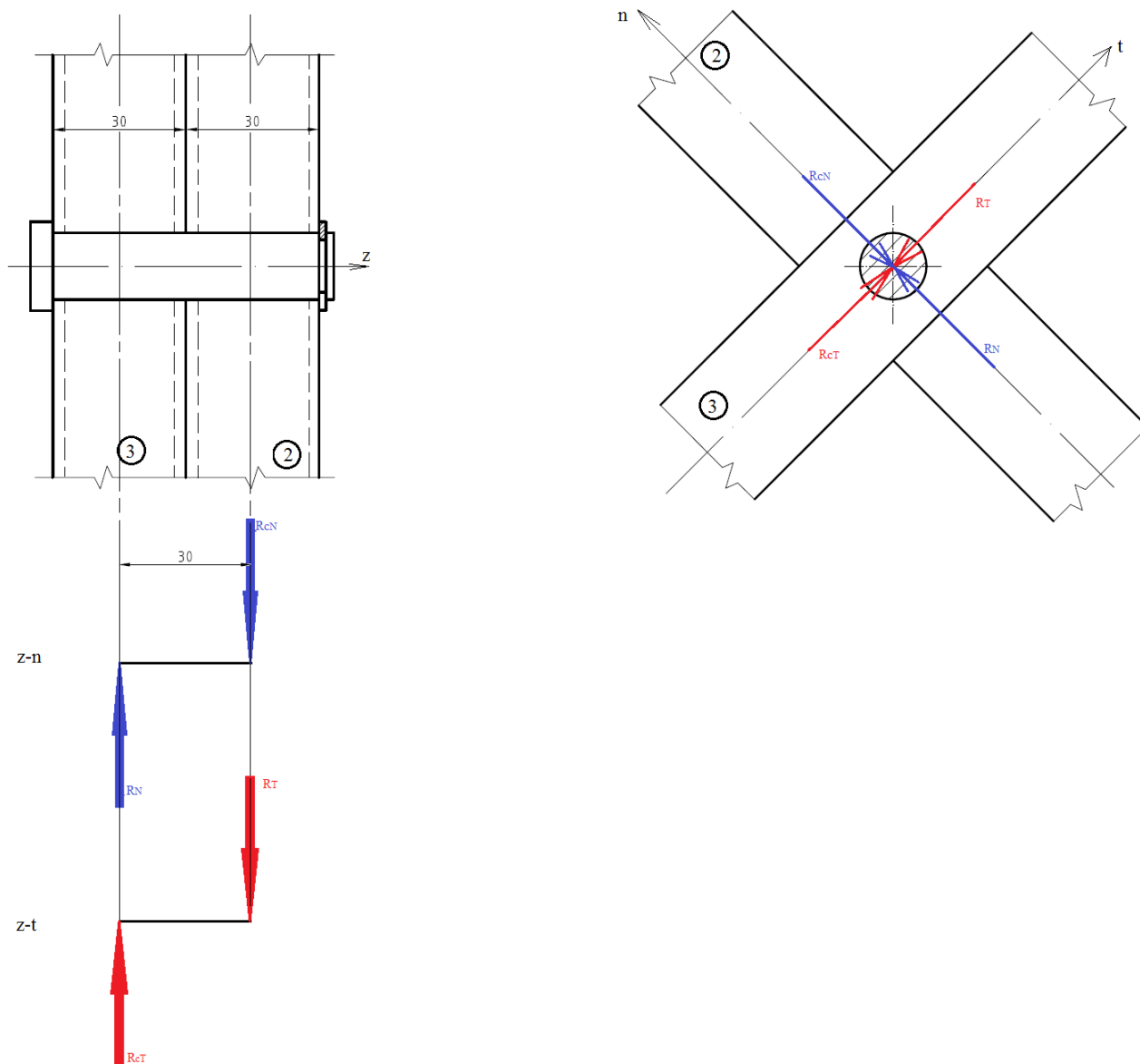
$$\sigma_{red} = \sigma_o + \sigma_D = 162,9 + 4,65 = 167,6 \text{ MPa} \quad (4.14)$$

statická bezpečnost:

$$k_s = \frac{Re}{\sigma_{red}} = \frac{315}{167,6} = 1,88 \quad (4.15)$$

4.3 Návrh a kontrola středového čepu C

Materiál pro středový čep volím 12 060.1 s mezí kluzu $R_e = 345 \text{ MPa}$ dle [1] a statickou bezpečnost $k_s = 1,5$.



Obrázek 22. Silové působení na střední čep

Síly v rovině $z-n$:

$$\begin{aligned} R_N = R_{CN} = R_{Cyx2} + R_{Cxx2} = R_{Cxy3} + R_{Cyy3} &= 734,6 + 434,8 = 434,8 + 734,6 \\ &= 1169,4 \text{ N} \end{aligned} \quad (4.16)$$

Síly v rovině t-n:

$$R_T = R_{CT} = R_{Cxy2} - R_{Cyy2} = R_{Cxx3} - R_{Cyx3} = 753 - 421,1 = 753 - 424,1 = 328,9 \text{ N} \quad (4.17)$$

Ohybový moment v rovině z-n:

$$Mo_{z-n} = R_{CN} \cdot 30 = 1169,4 \cdot 30 = 35\,082 \text{ Nmm} \quad (4.18)$$

Ohybový moment v rovině z-t:

$$Mo_{z-t} = R_{CT} \cdot 30 = 328,9 \cdot 30 = 9\,867 \text{ Nmm} \quad (4.19)$$

Redukovaný ohybový moment:

$$Mo_{red} = \sqrt{Mo_{z-n}^2 + Mo_{z-t}^2} = \sqrt{35082^2 + 9867^2} = 36\,443,16 \text{ Nmm} \quad (4.20)$$

Výpočet průměru čepu:

$$\sigma_o = \frac{Mo_{red}}{W_o} = \frac{Mo_{red} \cdot 32}{\pi \cdot d_\zeta^3} \leq \frac{Re}{k_s} \rightarrow d_\zeta \geq \sqrt[3]{\frac{Mo_{red} \cdot 32 \cdot k_s}{\pi \cdot Re}} = \sqrt[3]{\frac{36443,16 \cdot 32 \cdot 1,5}{\pi \cdot 345}}$$

$$d_\zeta \geq 11,72 \text{ mm} \rightarrow \text{volím } d_\zeta = 15 \text{ mm} \quad (4.21)$$

Kontrola profilu na otláčení od čepu

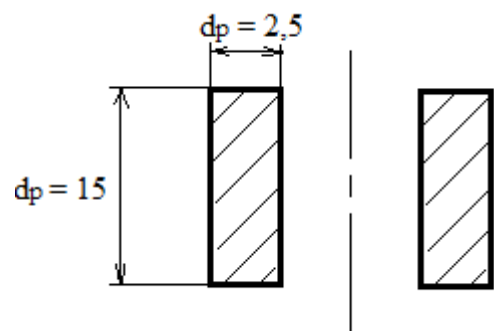
$$p = \frac{R_{CN}}{S} = \frac{1169,4}{2 \cdot 2,5 \cdot 15} = 15,592 \text{ MPa} \quad (4.22)$$

$$p \leq p_D$$

$$p_D = 110 \text{ MPa} \dots \text{ pro slitiny hliníku}$$

dle ST

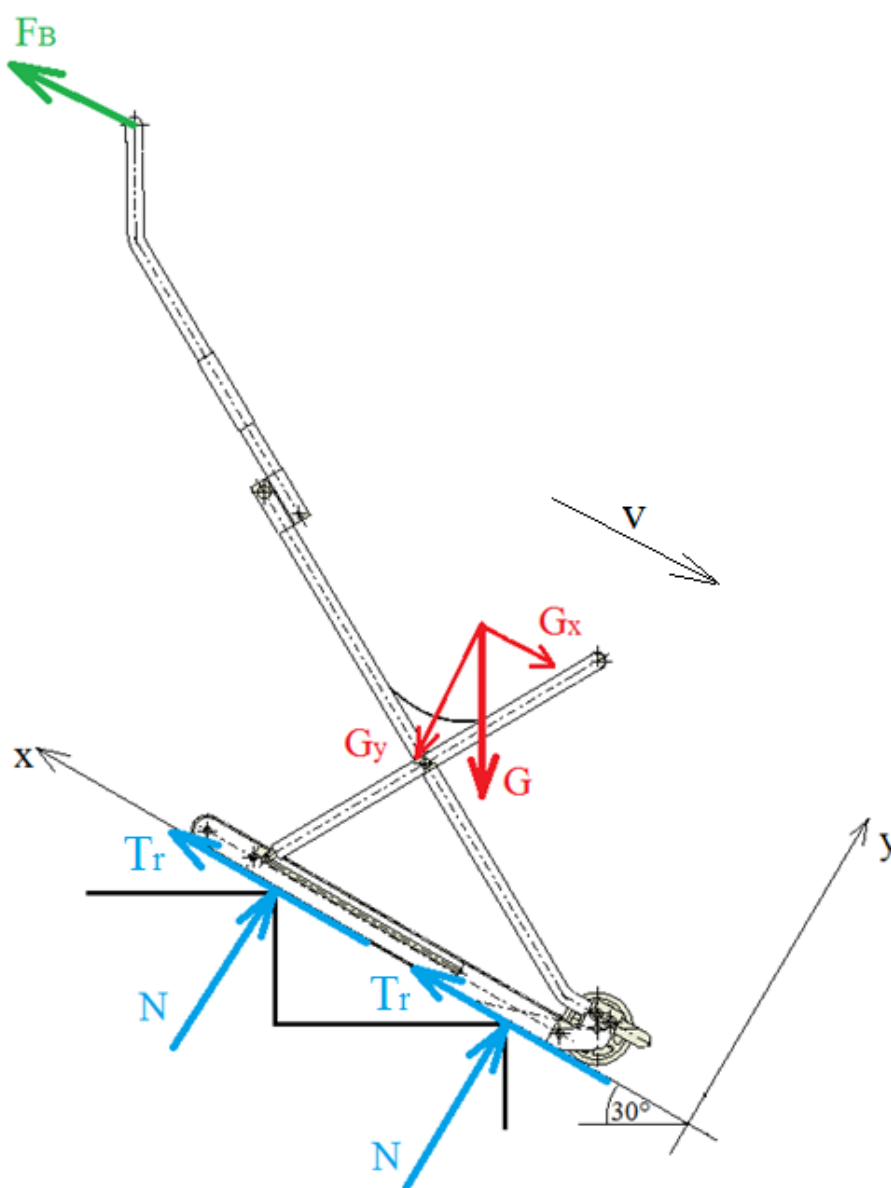
vyhovuje



Obrázek 23. Otláčovaná plocha

5. Kontrola síly potřebné k udržení nosítek na schodech

Při pohybu po schodech, je nutné zkontrolovat jestli člověk, který s nosítky a osobou na nich sedící manipuluje, udrží nosítka a dokáže je bezpečně kontrolovat při pohybu ze schodů. Při výpočtu je brán běžný úhel sklonu schodů, který je 30° . Při brzdění výrazně pomáhá tření mezi pásem a tělesem ližin. Pokud by toto tření bylo nedostatečné, a musela by být vynaložena moc velká síla od osoby, která s nosítky manipuluje, musel by být použit určitý brzdový systém.



Obrázek 24. Schéma působení sil na nosítka při pohybu ze schodů

Klasifikace značení na obrázku 24. :

F_B - brzdná síla od osoby manipulující s nosítky

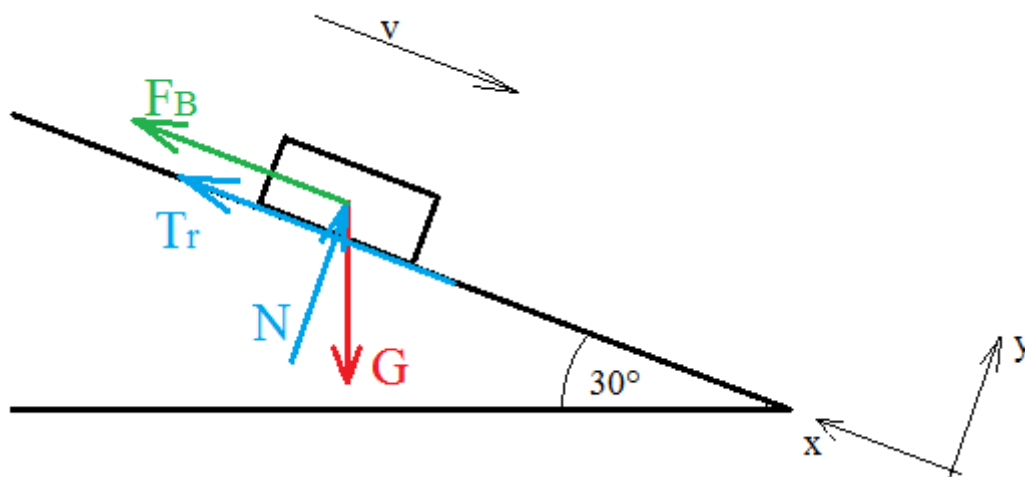
G - tíha (působící v těžišti)

Tr - třecí síla mezi pásem a tělesem ližin

N - normálová síla působící na nosítka od dotyku se schody

v - směr rychlosti pohybu

Pro výpočet lze schéma zjednodušit:



Obrázek 25. Zjednodušené schéma působení sil na nosítka při pohybu po schodech

Je zapotřebí zjistit brzdnou sílu F_B , kterou musí vyvinout osoba ovládající nosítka.

Sestaví se rovnice rovnováhy:

$$\sum F_x = 0; \quad F_B + Tr - \sin 30^\circ \cdot G = 0 \quad (5.1)$$

$$\sum F_y = 0; \quad N - \cos 30^\circ \cdot G = 0 \quad (5.2)$$

Z rovnice 5.2 lze vyjádřit:

$$N = G \cdot \cos 30^\circ \quad (5.3)$$

Pro výpočet třecí síly platí:

$$Tr = N \cdot f \quad (5.4)$$

kde f dle [8], součinitel tření pro kombinaci elastomer (pryž) - kov (slitina hliníku) = 0,5 až 0,7, volena hodnota součinitele 0,5.

Pak tedy po dosazení do rovnice 5.1:

$$\begin{aligned} F_B + (G \cdot \cos 30^\circ \cdot f) - \sin 30^\circ \cdot G &= 0 \\ F_B = \sin 30^\circ \cdot G - \cos 30^\circ \cdot f \cdot G &= \sin 30^\circ \cdot m \cdot g - \cos 30^\circ \cdot f \cdot G = \\ &= \sin 30^\circ \cdot 200 \cdot 9,81 - \cos 30^\circ \cdot 0,6 \cdot 200 \cdot 9,81 = 131,4 \text{ N} \end{aligned} \quad (5.5)$$

kde $m = 200 \text{ kg}$... hmotnost osoby sedící na nosítkách (ze zadání)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$... tíhové zrychlení

Osoba, která manipuluje s evakuovaným na nosítkách při pohybu ze schodů, musí vynaložit sílu 131,4 N. Takto velkou sílu dokáže člověk bezpečně vyvinout. Nemusí být použit žádný brzdňý systém.

6. Závěr

Výsledkem práce jsou lehká, skládací zdravotnická nosítka s konstrukcí nůžkového typu, se sklápěcími kolečky. Nosítka jsou lehce ovladatelná, jak při pohybu po rovině, tak i po schodech.

Dle zadání bakalářské práce byl proveden přehled možných řešení, výběr varianty nůžkového typu nosítek se sklápěcími kolečky, návrh konstrukce nosítek. Nejprve byl proveden statický výpočet metodou uvolňování jednotlivých těles soustavy. Poté byly zjištěny vnitřní statické účinky v jednotlivých částech konstrukce. Dále byla provedena kontrola jednotlivých částí, u kterých je předpoklad zvýšeného namáhání. Nosítka splňují podmínku nosnosti (maximální hmotnost pacienta 200 kg) i bezpečné dopravy pacienta i po schodech. Cíle bakalářské práce byly splněny.

Sestavný výkres a dílenský výkres vybrané součásti jsou přiloženy. Na sestavném výkrese jsou pro přehlednost uvedeny tři pohledy a dále pomocné pohledy, kde jsou zobrazeny nosítka v poloze při pohybu po schodech a ve složené poloze.

Navržená nosítka budou použita jako evakuační nosítka, která budou stabilně k dispozici v budově a budou používána při mimořádných událostech k evakuaci zraněných nebo nemohoucích osob. Velkou výhodou nosítek je jejich velmi malá hmotnost. Toho je dosaženo použitím hliníkové slitiny na hlavní části rámu. Tato slitina je přitom dostatečně pevná.

Poděkování:

Závěrem této práce bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Tadeáši Szlachтови, Ph. D. za cenné rady v celém průběhu zpracování bakalářské práce.

7. Seznam použité literatury a zdrojů

- [1] LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel. *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra-Pedagogické nakladatelství, 2005. ISBN 80-7361-011-6.
- [2] KALÁB, Květoslav. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře: Části spojovací*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 91 s. Dotisk 1. vyd. 2008. ISBN 978-80-248-1290-8.
- [3] DEJL, Zdeněk. *Konstrukce strojů a zařízení I. Spojovací části strojů. Návrh. Výpočet. Konstrukce*. Ostrava: Montanex a. s. , 2000. ISBN 80-7225-018-3.
- [4] MORAVEC, Vladimír a HAVLÍK, Jiří. *Výpočty a konstrukce strojních dílů*. Ostrava: Skripta VŠB-TU Ostrava, 2005. ISBN 80-248-0878-1.
- [5] ONDROUCH, Jan a ŠŇUPARKOVÁ, Jarmila, *Příručka statiky s příklady*. Ostrava: VŠB-TU, 1986. ISBN 80-248-0564-8.
- [6] HLAVÁČKOVÁ, Milada. *Statika - sbírka příkladů*. [online] Ostrava: VŠB-TU e-learning, 2010.
Dostupné z: <http://old.337.vsb.cz/materialy/Statika_elearning2/index.htm>.
- [7] HORYL Petr. *Statika a dynamika*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1996. ISBN 80-7078-971-9
- [8] KRÍŽ, R., VÁVRA, P. *Strojnická příručka*. Praha Scientia, spol. s r. o. , 1993-1998, 8 svazků, 1. vydání. ISBN 80-7183-024-0
- [9] *Požární příslušenství* [online - cit. 2012-10-5]. Produkty. Dostupné z: <<http://www.pozarniprislusenstvi.cz/nositka-zdravotnicka-skladaci>>.
- [10] *Quirumed ® Medical supplies - health products* [online - cit. 2012-10-5]. Produkty. Dostupné z: <<http://www.quirumed.com/en/Catalogo/articulo/52116/ambulance-stretcher-with-plastic-table-mat>>.
- [11] *MY LIFE ®* [online - cit. 2012-10-5]. Produkty. Dostupné z: <http://www.mylife999.com/products_view.asp?id=2339>.
- [12] *MY LIFE ®* [online - cit. 2012-10-5]. Produkty. Dostupné z: <http://www.mylife999.com/products_view.asp?id=2336>.
- [13] *Zhangjiagang City Renhe Medical Devices Co., Ltd.* [online - cit. 2012-10-5]. Produkty. Dostupné z: http://www.rhyl.cn/stair-glide-chair/87_549.html.

- [14] *Alibaba.com*® [online - cit. 2012-10-5]. Produkty. Dostupné z:
<http://www.alibaba.com/product-gs/490238314/Aluminum_Alloy_Stair_Stretcher.html>.
- [15] *Made-in-China.com*TM [online - cit. 2012-10-5]. Produkty. Dostupné z:
<<http://jsdefeng.en.made-in-china.com/product/EqMmRiwAhsVI/China-Stair-Stretcher-DFT-2D-.html>>.
- [16] *Euralliage* [online - cit. 2012-10-5]. Sortiment materiálů. Dostupné z:
<http://www.euralliage.com/2017A_english.htm#pro>.
- [17] *Trans-technik* [online - cit. 2010-10-5]. Produkty. Dostupné z: <<http://www.trans-technik.cz/plynove-vzpery-s-navarenymi-oky-plynove-vzpery-08-konstrukci-dily-dily-na-nastavby-nakladnich-aut>>.

8. Seznam příloh

Příloha A - Statický výpočet a vnitřní statické účinky členů 4, 5, 6 (10 stran A4)

Příloha B - Výkresová dokumentace

- Výkres sestavy - STL0009 - 00 (A1)
 - seznam položek - STL0009 - 00 - 1,2 (2 x A4)
- Výrobní výkres - STL0009 - 00 - 10 (A3)
- Výrobní výkres - STL0009 - 00 - 15 (A4)

Příloha C - Přiložené CD